

# **VISUALISASI SISTEM ADSL (ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE) dengan MENGGUNAKAN MODULASI QAM (QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION )**

Oleh : Tri Yosiana Indriaswari

NIM : L2F300569

Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang

## **Abstrak**

*Permintaan akan media transmisi berkecepatan tinggi yang murah dan efisien menuntut pemikiran untuk menyediakan suatu teknologi baru dengan memanfaatkan media transmisi yang telah tersedia. Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) adalah teknologi alternative untuk komunikasi data berkecepatan tinggi dengan kecepatan di atas 1,5 Mbps melalui kawat tembaga yang sering digunakan sebagai saluran telepon kabel.*

*Pada Tugas Akhir ini akan divisualisasikan proses pengiriman data pada transceiver(Pancarima; pemancar dan penerima) sistem ADSL 1,6 Mbps tanpa memandang ada atau tidaknya kesalahan saat pengiriman data. Pancarima ADSL 1,6 Mbps ini menggunakan modulasi 16 QAM.*

*Kecepatan transmisi yang digunakan adalah tetap yaitu 1,6 Mbps dengan sinyal informasi masukan acak sebanyak 64 bit. Penambahan AWGN akan mengakibatkan sinyal keluaran penerima tidak sama dengan sinyal masukan pada pemancar. Kesalahan pengiriman data sudah mulai terjadi saat nilai simpangan AWGN sebesar 0,01 sampai nilai simpangan AWGN sebesar 0,4.*

## **I. PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Kebutuhan akan layanan multimedia mengharuskan pengembangan transportasi data digital dan kapasitas yang besar. Misalnya, untuk mengirimkan format video MPEG minimal memerlukan 1,5 Mbps. Teknologi impian sampai saat ini adalah sistem komunikasi *fiber optic*, yang memiliki kapasitas dalam orde giga bps. Namun, untuk itu harus dibangun infrastruktur baru dengan biaya infestasi besar, meskipun sebenarnya sangat ekonomis jika dilihat dari sisi teknologinya.

Alternatif lain adalah memanfaatkan infrastruktur yang sudah ada, yaitu jaringan telepon yang menggunakan saluran sepasang kawat tembaga (*Public Service Telephone Network, PSTN*). Dengan perkembangan teknologi digital, jaringan PSTN dapat dioptimalkan untuk penggunaan transmisi data digital kecepatan tinggi. Teknologi ini sering disebut dengan xDSL. ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) merupakan salah satu variasi xDSL, yang memiliki kapasitas transmisi dari pelanggan ke *central office (upstream)* atau sebaliknya dari *central office* ke pelanggan (*down stream*) tidak sama besar.

### **Tujuan**

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk :

1. Mengamati dan menganalisa proses pengiriman data pada sistem ADSL 1,6 Mbps.
2. Menguji performansi (kinerja) sistem ADSL 1,6 Mbps.

### **Pembatasan masalah**

Dalam Tugas Akhir ini diberikan pembatasan-pembatasan masalah sebagai berikut:

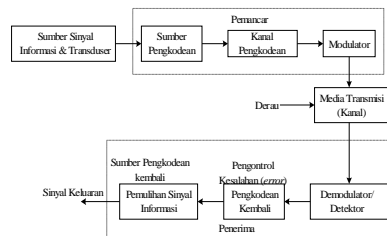
1. Sistem yang divisualisasikan adalah sistem ADSL 1,6 Mbps dengan kanal AWGN.
2. Visualisasi yang dilakukan adalah downstream ADSL 1,6 Mbps.
3. Sinyal masukan berupa sinyal digital (biner) acak yang dibatasi 64 bit.
4. Uji performansi sistem ADSL 1,6 Mbps dibatasi pada parameter BER dan Eb/No.
5. Sistem modulasi QAM yang digunakan adalah sistem modulasi 16 QAM.
6. Hanya membahas proses pengiriman data.

## II. SISTEM ADSL 1,6 Mbps

### Konsep Dasar Sistem Komunikasi

Bentuk umum rangkaian sistem komunikasi yang sering dipakai diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Sumber sinyal dari transduser pada suatu sistem komunikasi akan menampung sinyal informasi yang berasal dari berbagai macam sumber. Sinyal informasi bisa berbentuk sinyal suara; gambar ataupun sinyal bertipe data dimana sinyal-sinyal tersebut masih berbentuk sinyal analog (*analog baseband*).



Gambar 2.1 Diagram Blok sistem komunikasi

### Sistem ADSL

ADSL mengubah saluran telepon biasa menjadi hubungan instant dengan kecepatan tinggi untuk akses ke internet, *video conferencing*, *remote access* dan aplikasi multimedia. Modem konvensional bekerja pada 4 kHz, sedangkan modem ADSL mampu memanfaatkan lebar pita yang lebar di atas 4 kHz sehingga tidak mengganggu sistem telepon. ADSL memanfaatkan lebar pita yang tersisa dari kabel telepon yang memiliki lebar pita 1 MHz, dan voice telepon hanya menggunakan 4 kHz.

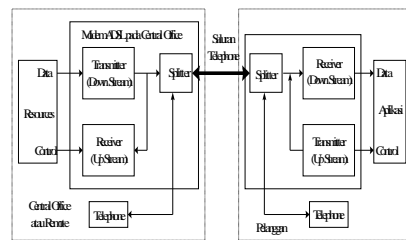
Salah satu format modulasi *passband* yang digunakan dalam layanan ADSL adalah *Discret MultiTone* (DMT). Format modulasi lain yang digunakan untuk layanan ADSL adalah *Carrierless AM-PM* (CAP).

*Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) adalah alternative ketiga yang digunakan untuk transmisi ADSL kecepatan tinggi. QAM telah digunakan secara ekstensif untuk aplikasi transmisi data digital dan pantas dipertimbangkan untuk ADSL.

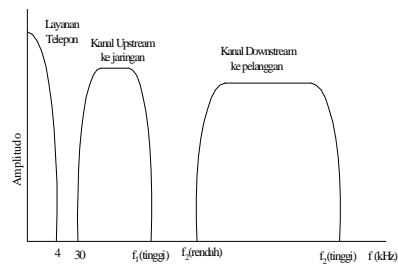
### Arsitektur Sistem ADSL

Ada dua macam pancarima yang digunakan pada sistem ADSL yaitu pada *central office* dan pada pelanggan. Jalur

telepon analog yang lama (*plain old telephone service, POTS*) tetap dapat digunakan dan bekerja bersama-sama dengan sistem ADSL yang dipisahkan dengan menggunakan *splitter*, seperti terlihat pada Gambar 2.2. Kedua macam *transceiver* ini digunakan karena adanya kebutuhan kapasitas transmisi yang berbeda pada sistem ADSL. Perbedaan ini dapat dilihat dari spektrum frekuensi sinyal transmisinya, seperti yang tampak pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Konfigurasi Umum Penggunaan Transceiver ADSL



Gambar 2.3 Daerah Frekuensi Kerja Modem ADSL 1,6 Mbps

### ADSL Modem

Modem adalah peralatan elektronik yang mengubah serial data dari komputer dan sinyal elektronik sehingga bisa ditransmisikan melalui kabel telepon. Pada sistem ADSL terdapat dua modem yang digunakan yaitu ATU-R (*ADSL Terminal Unit remote*) yang ditempatkan pada pelanggan dan ATU-C (*ADSL terminal central Office*) yang berada di *central office*. ATU-R mengirimkan trafik ke ATU-C dan sebaliknya dan diantara keduanya terdapat POTS *splitter*.

Tabel 2.1 Perbandingan Jenis Modem keluarga DSL dengan Modem Lainnya

Nama	Kecepatan	Mode Transfer	Aplikasi
Voice Band Modem	56 kbps	Duplex	Internet, remote acces service (RAS)
ISDN	128 kbps	Duplex	Internet, RAS, video conference
Cable Modem	10-30 Mbps	Down	Internet, Tv digital, Video on demand
	128 kbps-10 Mbps	Up	
DSL	160 kbps	Duplex	Layanan ISDN, komunikasi Data/voice
ADSL	1.5-8 Mbps	Down	Internet, RAS, video on demand, interactive multimedia
	16-640 kbps	Up	
HDSL	2 Mbps	Duplex	RAS, aplikasi T1/E1, frame relay
SDSL	2 Mbps	Duplex	RAS, aplikasi T1/E1, frame relay
VDSL	13-52 Mbps	Down	Sama dengan ADSL + layanan aplikasi HDTV
	1.5-2.3 Mbps	Up	

### POTS Splitter

POTS splitter adalah peralatan dua arah yang berada pada pelanggan dan central office. Pada pelanggan POTS splitter membagi sinyal yang datang menjadi sinyal telepon dan sinyal ADSL. Dan sebaliknya POTS splitter di central office menggabungkan sinyal telepon (suara) dan sinyal ADSL yang akan ditransmisikan. Sinyal telepon atau suara diterima oleh pesawat telepon atau mesin faksimili sedangkan sinyal ADSL diterima oleh modem ADSL.

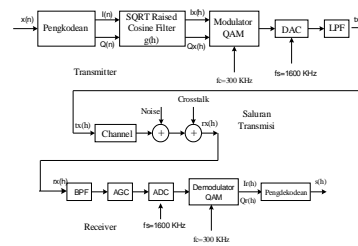
### Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)

DSLAM berada pada lingkungan CO (central office) dan digunakan sebagai dasar untuk DSL. DSLAM adalah semacam multiplexer yang mengkombinasikan atau memultipleks beberapa lalu lintas data dari

berbagai loop ADSL (dari pelanggan) menuju jaringan akses yang lebih tinggi.

### Sistem ADSL 1,6 Mbps

Pancarima untuk keperluan downstream dengan kapasitas sebesar 1,6 Mbps pada saluran telepon ditunjukkan oleh Gambar 2.4 yang menunjukkan blok diagram pancarima ADSL 1,6 Mbps untuk keperluan downstream.



Gambar 2.4 Diagram Blok Transceiver ADSL 1,6 Mbps

Pada bagian pemancar ADSL 1,6 Mbps blok pertama adalah pengkodean yang digunakan untuk mengubah bit masukan menjadi simbol tertentu. Dalam hal ini digunakan 16 QAM untuk mendapatkan kapasitas 1,6 Mbps pada lebar pita 400 kHz. Sinyal keluarannya dapat dianggap sinyal kompleks dan disebut dengan sinyal ADSL. Blok Kedua adalah *square-root raised cosine filter* yang dipilih untuk meniadakan ISI. Blok ketiga adalah modulator QAM dengan frekuensi *carrier* 300 kHz. Jika sinyal kompleks *baseband* dinyatakan dengan  $A(t)$  dan sinyal *carrier*  $e^{j\omega t}$ , maka hasil modulasinya adalah  $tx(f) = \text{Re}\{A(t)e^{j\omega t}\}$ . Blok ke empat adalah *Digital to Analog Converter* (DAC) yang mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog pada sampling 1,6 MHz. Blok ke lima adalah *Lowpass Filter* (LPF) yang membatasi keluaran DAC. Sinyal ini disebut sinyal ADSL *passband*.

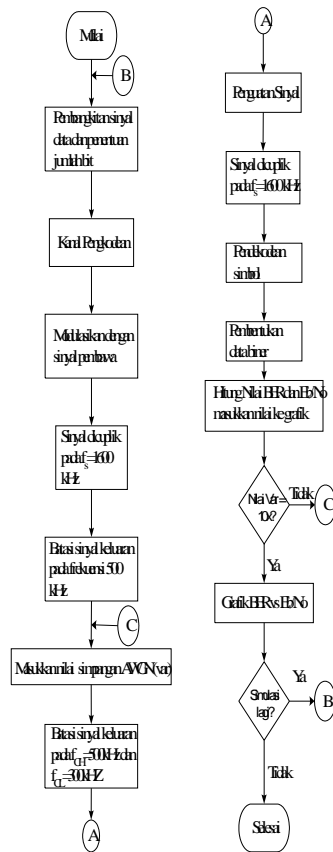
Saluran transmisi berupa pemodelan kanal AWGN (*Additif White Gaussian Noise*) yang memiliki sifat terdistribusi secara normal, sehingga sering disebut normal *gaussian noise*.

Pada bagian penerima blok pertama adalah *Bandpass Filter* (BPF) yang membatasi spektrum *noise* dan menghilangkan sinyal suara dari telepon analog (POTS). Blok kedua adalah

*Automatic Gain Control* (AGC) yang mengatur kembali sinyal pada level sinyal yang dikehendaki. Blok ketiga adalah *Analog to Digital Converter* (ADC) mengubah sinyal ADSL (analog) menjadi sinyal digital pada setiap waktu sampling tertentu (1,6 MHz). Demodulator digunakan untuk mendapatkan kembali sinyal simbol yang diterima (sinyal ADSL *baseband*). Pendekodean menterjemahkan simbol keluaran demodulator menjadi bit keluaran

### III. PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

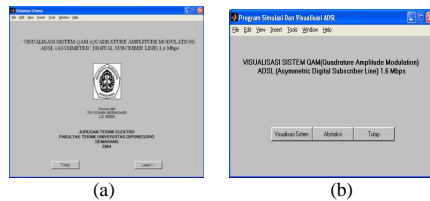
Perangkat lunak sistem ADSL 1,6 Mbps dibuat dengan menggunakan program MATLAB 6.1 dan dirancang dengan tujuan untuk menampilkan bentuk sinyal keluaran dari komponen-komponen yang mendukung proses pengiriman data sistem digital ADSL 1,6 Mbps dan performansi sistem. Visualisasi yang dibuat adalah downstream ADSL 1,6 Mbps yang menggunakan pengkode 16 QAM sebagai pembentuk simbol dan modulator 16 QAM sebagai operator pemodulasi. Tampilan program dirancang dengan memakai fasilitas antar muka *Graphical User Interface* (GUI) yang disediakan dalam bentuk tampilan grafis untuk memudahkan pemakaian. Diagram alir perancangan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

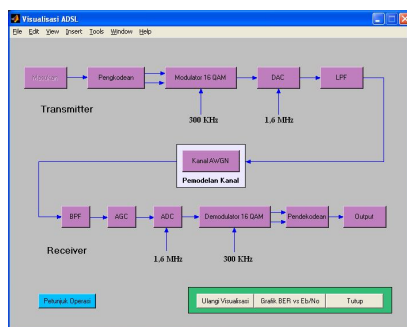
### IV. ANALISA HASIL VISUALISASI

Hasil visualisasi pada Tugas Akhir ini ada dua jenis yaitu visualisasi untuk menampilkan sinyal dari masing-masing blok pemancar, kanal AWGN dan Penerima, yang kedua simulasi kinerja untuk menampilkan perhitungan *Bit error Rate* (BER). Tampilan Awal dari program visualisasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.(a). Kemudian baru dilanjutkan ke program simulasi dan visualisasi ADSL dengan menekan tombol LANJUT. Tampilan Menu utama dari visualisasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.(b).



Gambar 4.1 (a). Tampilan Awal; (b) Tampilan Menu Utama

Dari Gambar 4.1.(b) terlihat tiga pilihan menu dimana pilihan menu pertama visualisasi sistem yang akan menunjukkan visualisasi proses pengiriman data yang diteruskan dengan kinerja sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, pilihan menu kedua jika ingin mengetahui sekilas tentang sistem ADSL 1,6 Mbps dan pilihan menu ketiga jika ingin keluar dari visualisasi.



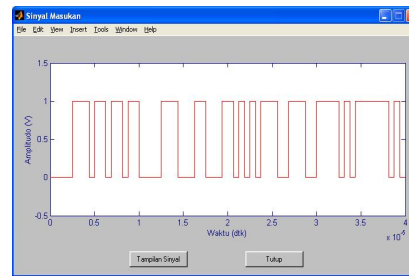
Gambar 4.2 Tampilan Visualisasi ADSL 1,6 Mbps

## 4.1 Hasil Visualisasi Pemancar ADSL 1,6 Mbps dan Analisa

### 4.1.1 Pembangkitan Data Masukan

Pembangkitan sinyal informasi biner sebagai sinyal masukan secara acak dengan jumlah sinyal informasi 64 bit. Interval waktu ( $T_b$ ) yang dibutuhkan untuk membangkitkan satu bit sinyal informasi adalah sama yaitu  $6,25 \times 10^{-7}$  detik atau dengan kata lain mempunyai laju data  $R = 1,6$  Mbps.

Masukan dengan jumlah sinyal informasi 64 bit dengan periode waktu yang dibutuhkan untuk membangkitkan seluruh bit sinyal masukan  $t_0 = 6,25 \times 10^{-7} \times 64 \text{ bit} = 4 \times 10^{-5}$  detik. Bentuk sinyal masukan diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Bentuk Sinyal Masukan ADSL 1,6 Mbps

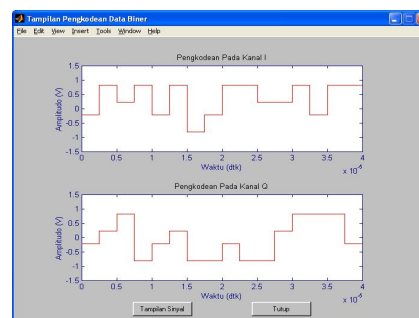
### 4.1.2 Modulator 16 QAM

Hasil simulasi dan analisa blok modulator 16 QAM meliputi :

#### 1. Pengkodean

Sinyal masukan pada pengkode 16 QAM akan dipisahkan dalam kanal I, Q, C1, dan C2 dimana satu simbol terdiri dari 4 bit. Laju bit ( $R$ ) pada masing-masing kanal adalah  $\frac{1}{4}$  laju bit sinyal masukan sehingga periode waktu transmisi tiap simbol ( $t_s$ ) adalah 4 kali periode waktu transmisi tiap bitnya ( $t_b$ ) =  $6,25 \times 10^{-7}$  detik sehingga nilai  $t_s = 2,5 \times 10^{-6}$  detik dengan laju simbol ( $D$ ) = 400 Kbaud.

Bit informasi pada kanal percabangan I dan Q menentukan nilai polaritas dari sinyal keluaran (logika 1 = +V dan logika 0 = -V) sedangkan bit-bit sinyal informasi pada kanal C1 dan C2 menentukan nilai amplitudo pada setiap kanal percabangan I dan Q (logika 1 = 0,821V dan logika 0 = 0,22V). Sinyal keluaran yang dihasilkan pada kanal percabangan I adalah seperti terlihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5 Bentuk Sinyal Keluaran Kanal Pengkodean

### 2. Modulator 16 QAM

Pada komponen ini akan terjadi proses modulasi dimana sinyal informasi pada kanal I dikalikan dengan sinyal sinus sebagai sinyal pembawa dan sinyal

informasi kanal Q dikalikan dengan sinyal kosinus.

Bagian akhir dari proses modulasi adalah penjumlahan keluaran modulator pengali pada kanal I dan kanal Q sehingga dihasilkan sinyal informasi yang telah melalui proses modulasi berupa sinyal analog dimana memiliki fasa dan amplitudo sinyal yang berbeda-beda sesuai dengan sinyal masukan. Bila kedua sinyal keluaran dari modulator pengali kanal I dan kanal Q dijumlahkan sebagai contoh diambil satu sinyal keluaran modulator pengali kanal I =  $0,22\sin(\omega t)$  dan modulator pengali kanal Q =  $0,22\cos(\omega t)$  maka keluaran modulator adalah

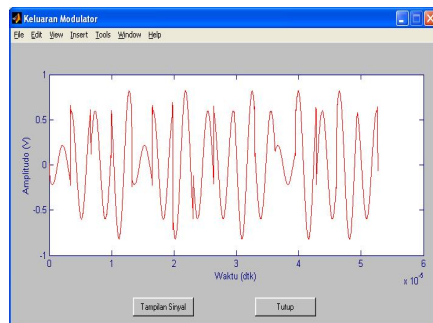
Amplitudo sinyal =

$$\sqrt{(0,22)^2 + (0,22)^2} = 0,311V$$

$$\text{Fasa sinyal} = \tan^{-1}\left(\frac{0,22}{0,22}\right) = 45^\circ$$

sehingga, Keluaran 16-QAM =  $(0,22 \sin \omega t + 0,22 \cos \omega t) = 0,311 \sin(\omega t + 45^\circ)$

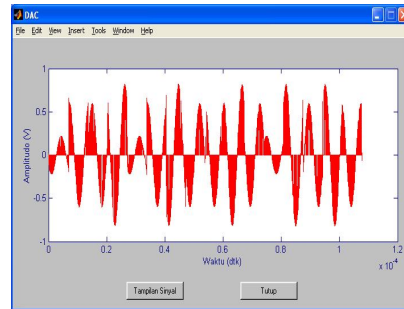
Bentuk sinyal keluaran dari modulator 16 QAM dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bentuk Sinyal Keluaran Modulator 16 QAM

#### 4.1.3 Digital to Analog Converter (DAC)

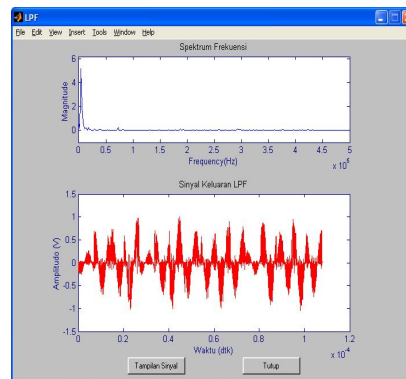
Pada komponen ini terjadi proses pengiriman data dilakukan secara tercuplik pada frekuensi sampling 1600 kHz sehingga dihasilkan sinyal analog tersampling (PAM; *Pulse Amplitude Modulation*). Proses ini tidak mengubah nilai amplitudo dari sinyal informasi yang dihasilkan modulator QAM. Bentuk sinyal keluaran DAC dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Bentuk Sinyal Keluaran DAC

#### 4.1.4 Lowpass Filter (LPF)

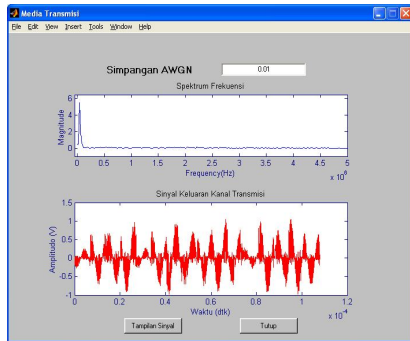
Komponen ini membatasi spektrum frekuensi keluaran DAC pada 500 kHz sehingga yang ditampilkan hanya sinyal informasi yang berada di bawah frekuensi *cut off* 500 kHz. Sinyal yang dihasilkan setelah proses pemfilteran ini mempunyai nilai amplitudo yang sama dengan keluaran modulator QAM. Bentuk sinyal keluaran LPF dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Bentuk Sinyal Keluaran Lowpass Filter

#### 4.2 Hasil Visualisasi Kanal AWGN dan Analisa

Pada komponen ini sinyal keluaran LPF mengalami penambahan derau putih Gaussian dengan nilai simpangan (*variance*) yang dapat diganti mulai dari nilai simpangan AWGN sebesar 0,01 sampai nilai simpangan AWGN sebesar 0,4 dan nilai tengah (*mean*) tetap yaitu 0. Bentuk sinyal keluaran kanal AWGN dengan nilai simpangan sebesar 0,01 dapat dilihat pada Gambar 4.8.

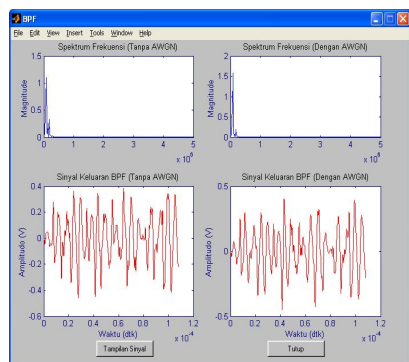


Gambar 4.8 Bentuk Sinyal Keluaran Kanal AWGN

### 4.3 Hasil Visualisasi Penerima ADSL 1,6 Mbps dan Analisa

#### 4.3.1 Bandpass Filter (BPF)

Filter *Bandpass* membatasi sinyal keluaran BPF pada frekuensi *cutoff* bawah 100 kHz dan pada frekuensi *cutoff* atas 500 kHz sehingga yang ditampilkan hanya sinyal informasi yang berada diantara dua frekuensi *cutoff* tersebut. Sinyal informasi hasil pemfilteran ini menghasilkan nilai amplitudo yang berbeda akibat adanya pemodelan kanal AWGN karena saat proses pemfilteran sinyal-sinyal informasi yang banyak mengandung derau akan dihilangkan. Bentuk sinyal keluaran BPF yang tanpa penambahan kanal AWGN dan yang dengan penambahan kanal AWGN dapat dilihat pada Gambar 4.9.

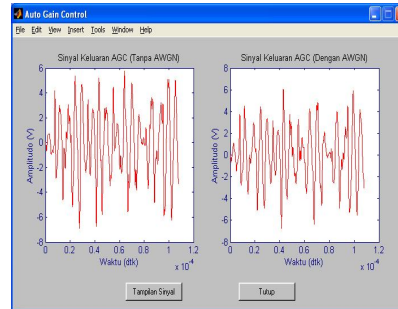


Gambar 4.9 Bentuk Sinyal Keluaran *Bandpass Filter*

#### 4.3.2 Automatic Gain Control (AGC)

*Automatic Gain Control* disini berfungsi untuk menguatkan kembali sinyal keluaran BPF agar didapatkan sinyal yang diinginkan. Bentuk sinyal informasi setelah

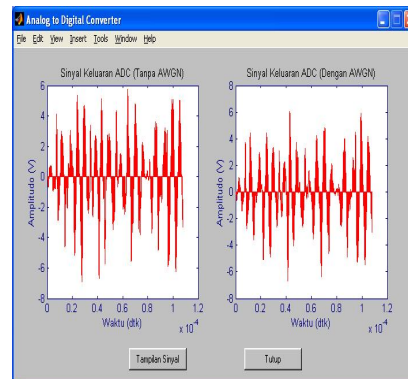
dikuatkan oleh AGC diperlihatkan oleh Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Bentuk Sinyal Keluaran AGC

#### 4.3.3 Analog to Digital Converter (Pengubah Analog ke Digital; ADC)

Pada komponen ADC ini terjadi proses pencuplikan kembali yaitu sinyal keluaran AGC pengirimannya dicuplik pada frekuensi sampling 1600 kHz. Sinyal informasi keluaran ADC memiliki nilai amplitudo yang sama dengan keluaran AGC. Bentuk sinyal keluaran ADC diperlihatkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Bentuk Sinyal Keluaran ADC

#### 4.3.4 Demodulator 16 QAM

Hasil simulasi dan analisa blok demodulator 16 QAM meliputi :

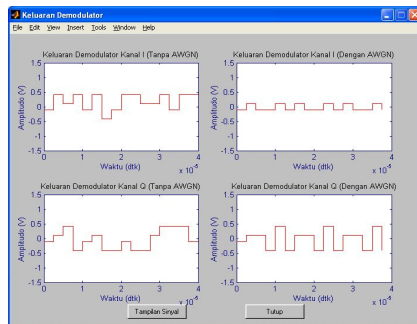
##### 1. Demodulator 16QAM

Sinyal masukan demodulator merupakan sinyal keluaran dari ADC yang kemudian akan dicabangkan menjadi tiga kanal yaitu kanal I, kanal Q, dan kanal pemulihan sinyal pembawa. Sinyal pada kanal I akan dikalikan dengan sinyal pembawa berbentuk sinus dan sinyal pada

kanal Q akan dikalikan dengan sinyal pembawa berbentuk kosinus.

Sinyal keluaran demodulator 16 QAM merupakan gabungan antara sinyal kanal I (logika 1 = +V dan logika 0 = -V), dan C1 (logika 1 = 0,4105V dan logika 0 = 0,11V) untuk percabangan kanal I dan sinyal Q (logika 1 = +V dan logika 0 = -V), dan C2 (logika 1 = 0,4105V dan logika 0 = 0,11V) seperti diperlihatkan pada Gambar 4.12.

Sinyal keluaran demodulator 16 QAM tanpa pemodelan kanal AWGN menghasilkan sinyal keluaran yang sama dengan sinyal keluaran pengkode 16 QAM, sedangkan sinyal keluaran demodulator 16 QAM dengan pemodelan kanal AWGN menghasilkan sinyal keluaran yang berbeda dengan sinyal tanpa pemodelan kanal AWGN hal ini karena adanya penambahan noise sehingga terjadi kesalahan data.



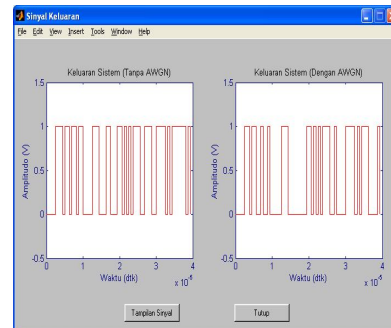
Gambar 4.12 Bentuk Sinyal Keluaran Demodulator 16 QAM

## 2. Pendekodean 16QAM

Pemisahan sinyal – sinyal informasi yang mempunyai amplitudo multilevel dilakukan oleh konverter analog ke digital (ADC). Sinyal keluaran ADC percabangan kanal I masih berbentuk paralel yang terdiri dari sinyal kanal I dan C1 dan percabangan kanal Q yang terdiri dari sinyal kanal Q dan C2. Sinyal keluaran untuk setiap kanal pada masing – masing kanal percabangan I dan kanal percabangan Q yang berbentuk paralel kemudian oleh konverter paralel ke serial diubah menjadi bentuk serial dengan urutan I, Q, C1 dan C2. Sinyal keluaran yang dihasilkan oleh pendekodean 16 QAM diperlihatkan pada Gambar 4.13.

Sinyal keluaran pendekodean 16 QAM tanpa pemodelan kanal AWGN menghasilkan sinyal keluaran yang sama dengan sinyal masukan ADSL 1,6 Mbps,

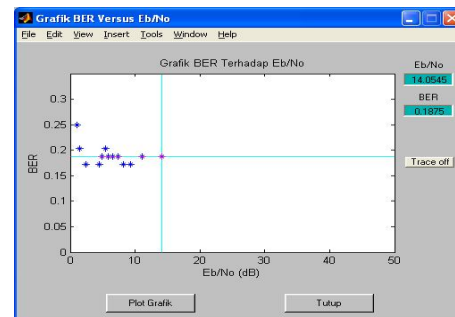
sedangkan sinyal keluaran pendekodean 16 QAM dengan pemodelan kanal AWGN menghasilkan sinyal keluaran yang berbeda dengan sinyal tanpa pemodelan kanal AWGN hal ini karena adanya penambahan noise sehingga terjadi kesalahan data.



Gambar 4.13 Bentuk Sinyal Keluaran Pendekodean 16 QAM

## 4.4 Hasil Simulasi Kinerja Sistem

Simulasi kinerja sistem melakukan perhitungan nilai BER dan Eb/No yang menghasilkan grafik fungsi BER terhadap Eb/No. Paramater yang digunakan banyaknya data yang digunakan adalah 64 bit (*random*), frekuensi carrier 300 kHz, frekuensi sampling 1600 kHz dan nilai simpangan AWGN yang dapat diubah-ubah mulai dari nilai simpangan AWGN sebesar 0,01 sampai nilai simpangan AWGN sebesar 0,4. Hasil simulasi dimasukkan ke dalam tabel 4.1 Grafik fungsi BER terhadap Eb/No untuk percobaan 1.1 dengan mengubah nilai simpangan AWGN dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.15 Grafik Fungsi BER vs Eb/No Percobaan 1.1 dengan Mengubah Nilai Simpangan AWGN



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Pemodelan kanal AWGN mengakibatkan terjadinya kesalahan saat pengiriman data sehingga sinyal keluaran yang dihasilkan pada sisi penerima tidak sama dengan sinyal masukan pada sisi pemancar.
2. Kesalahan data sudah terjadi saat nilai simpangan AWGN sebesar  $10^{-9}$ , tetapi pada visualisasi ini hanya ditampilkan kesalahan data saat nilai simpangan sebesar 0,01 sampai nilai simpangan sebesar 0,4.
3. Harga BER untuk 3 kali percobaan berkisar antara 0,1 sampai 0,3.
4. Semakin kecil nilai simpangan AWGN maka nilai Eb/No semakin besar.

### 5.2 Saran

1. Program dapat dikembangkan dengan menambahkan proses selain pengiriman data seperti koreksi kesalahan..
2. Kanal pengkodean dapat menggunakan pengkode konvolusi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ...., *What is ADSL*, <http://www.elkhart.net/business/about/adsl.html>
2. ...., *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*, [http://www.bsnl.in/telecomguide.asp.int/NewsId-24275-strNewsMore-more\\_files.html](http://www.bsnl.in/telecomguide.asp.int/NewsId-24275-strNewsMore-more_files.html)
3. ...., *ADSL Modem*, <http://www.usr.com/support/9000/9000-mac-ug/installing%20the%20modem.html>
4. Chen Y Walter. Dr, *DSL Simulation Techniques and Standards Development for Digital Subscribers Lines System*, Macmillan Technical, 1998.
5. Couch W Leon, *Digital and Analog Communication Systems*, Fifth Edition, Prentice Hall, 1997.
6. Daneshard B dan Samueli H, *A 1.6 Mbps Digital QAM Systems for DSL Transmission*, IEEE Journal on Selected Area in Communication, Vol.13, No.9, December 1993.
7. Dood, Annabel Z., *The Essential Guide to Telecommunications*, Penerbit Andi Yogyakarta, Edisi Bahasa Indonesia, 2002.
8. Little N John dan Shure Loren, *Signal Processing ToolBox for Use with MATLAB*, The Math Works.Inc, May 1993.
9. Mahmood Ausif, Professor, *ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)*, spring 2003.
10. Malvino, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Erlangga, 1985.
11. McCurry Raymond, *DSL Tecnology with a Focus on Asymmetric Digital Subscriber Line(ADSL)*.
12. Proakis G John, *Digital Communication*, Fourth Edition.
13. Rong Wu, *Introduction to Digital Subscriber Line*, Departement of Communication Engineering National Chiao Tung University.
14. Sklar Bernard, *Digital Communications Fundamentals and Application*, Prentice Hall, New Jersey, 1988.
15. Stalling William diterjemahkan oleh Thamir Abdul Hafedh Al-Hamdany, B.Sc, M.Sc., *Komunikasi Data dan Komputer*, Penerbit Salemba Teknika, Edisi Bahasa Indonesia, 2001.
16. Supangkat H Suhono dan P Eru, *Prekompensasi Respon Saluran Transmisi pada Jaringan Akses Multimedia ADSL 1.6 Mbps*, juli 1999.
17. Tocci J Reonald dan Widmer S Neal, *Digital Systems Principles and Applications*, Seventh Edition, Prentice Hall.
18. Tomasi Wayne, *Advanced Electronics Communications System*, Third Edition, Prentice Hall, 1994.
19. Yilmaz Sedat, *xDSL Technologies*, Departement Of Computer Engineering Dokuz Eylul University, 14 Oktober 2002.

Mangetahui/Mengesahkan  
Dosen pembimbing I

Achmad Hidayatno, ST. MT  
NIP. 132 137 933

Dosen Pembimbing II

Sukiswo, ST  
NIP. 132 162 548

Tabel 4.1 Data Hasil Simulasi Percobaan1 dengan Masukan Acak 64 Bit

Simpangan AWGN	Percobaan1.1		Percobaan1.2		Percobaan1.3	
	Eb/No	BER	Eb/No	BER	Eb/No	BER
0,4	0,964626	0,25	1,03785	0,203125	0,627936	0,203125
0,3	1,39769	0,203125	1,42023	0,234375	0,985863	0,203125
0,2	2,39223	0,171875	2,37637	0,21875	1,81962	0,234375
0,1	4,48528	0,171875	4,64965	0,265625	3,74149	0,234375
0,09	4,94977	0,1875	5,02755	0,187891	4,0691	0,234375
0,08	5,3859	0,203125	5,39766	0,234375	4,56281	0,234375
0,07	5,87192	0,1875	6,01625	0,234375	5,02755	0,249898
0,06	6,5427	0,1875	6,58711	0,203125	5,58528	0,28125
0,05	7,34354	0,1875	7,39105	0,234375	6,32955	0,28125
0,04	8,25579	0,171875	8,19559	0,219068	7,09113	0,28125
0,03	9,33536	0,171875	9,43526	0,173547	8,30871	0,25
0,02	11,0354	0,1875	11,0955	0,171875	10,0114	0,25
0,01	14,0545	0,1875	14,1144	0,21875	13,0017	0,25